

# Gaze Mirroring: ユーザの興味を顕在化させるための注視模倣

平山 高嗣<sup>†</sup> 朴 惠宣<sup>†</sup> 松山 隆司<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 京都大学大学院情報学研究科 〒606-8501 京都市左京区吉田本町

E-mail: <sup>†</sup>{hirayama,tm}@i.kyoto-u.ac.jp, <sup>††</sup>megumi@vision.kuee.kyoto-u.ac.jp

**あらまし** 情報システムが提供する複数の情報からユーザが選択を行う状況において、システムがユーザに働きかけを行い、それに対するユーザの反応から興味対象を推定する Mind Probing の一手法として、Gaze Mirroring を提案する。これは、システムが擬人エージェントを用いてユーザの注視行動を模倣することによって、ユーザとの共同注意を働きかける。システムによる注視をユーザによる注視と同調かつ同期させることによって、興味を明確に反映した注視行動が表れるというモデルを立てた。被験者実験によって、その注視行動の一つとして、ユーザが興味を持つ対象ほど注視時間が長くなる傾向を確認した。

**キーワード** Mind Probing, 興味推定, 共同注意, 注視時間

## Gaze Mirroring Approach Making User's Latent Interest Explicit

Takatsugu HIRAYAMA<sup>†</sup>, Hye-Sun PARK<sup>†</sup>, and Takashi MATSUYAMA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Informatics, Kyoto University Yoshida Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501 Japan

E-mail: <sup>†</sup>{hirayama,tm}@i.kyoto-u.ac.jp, <sup>††</sup>megumi@vision.kuee.kyoto-u.ac.jp

**Abstract** We have proposed the Mind Probing method which estimates a user's interest in the situation that the user makes a choice from the provided information by the interactive system. The system proactively approaches the user and estimates the interest from observation of reaction for the proactive approach. This work proposes a kind of the method, Gaze Mirroring, that an anthropomorphic agent approaches the user with the joint attention by imitating the user's gazing behavior. To make the user express the behavior reflecting the interest, we designed a mirroring method which imitates the user's behavior in synchronization and sympathy. We confirmed that the user more longly gazed at an object with interest through some experiments.

**Key words** Mind Probing, interest estimation, joint attention, gaze duration

### 1. はじめに

近年、膨大で多様な情報源にオンラインでアクセスし、情報の閲覧や商品の選択を行うことが可能になっている。この環境下では、ユーザは選択基準が明確化していなければ、迷いによる心理的負担を増大させる。このような場合、高級ホテルのコンシェルジュのように、情報に精通しているエージェントによるインタラクティブなサポートが有効に働くと考えられる。我々は、ユーザが持つ潜在的な興味を探り、それに応じてさりげなく、気の利いた情報提供を行うコンシェルジュシステムの実現を目指している [1]。このシステムを通じて、ユーザは多くの情報から好みのものを捜し、潜在的な興味対象に偶然的に出会うことができる。我々はこれを情報「捜遇」と呼んでいる。

従来一般的な情報提供システムでは、ユーザが明示的指示を与え、システムがそれに応答するという「リアクティブインタラクションモデル」が用いられてきた。しかし、ユーザが自

己の興味を明確に認知していない状況では、このモデルによる円滑なインタラクションは成り立たない。また、ユーザが無意識的に表出する非言語的な振る舞いを受動的に観察することで興味を推定することも非常に困難である。そこで我々は、システムが主導権を持って積極的に対話を行う「プロアクティブインタラクションモデル」に基づき、システムがユーザに働きかけを行い、それに対するユーザの反応から興味を推定する「Mind Probing」というコンセプトを提案してきた [2]。本研究では、どのような働きかけがユーザの潜在的な興味を顕在化し、興味を推定に貢献することができるかを従来知見から検討し、ユーザの興味が明確に反映した振る舞いを表出させるためのインタラクション機能を設計することを目的とする。

人間同士の対話に目を向けると、相手の心的状態を正確に理解したい場合に、積極的に働きかけを行って、その反応を観察していることが分かる。我々は、そのような状況で人間が行う「見る」行為に注目している。心的状態が明確に反映した振る舞

いを表出させる働きかけとしては、自己の意図主張や相手の意図確認のための発話とともに相手を「見る」ことが効果的であることを我々は明らかにしている [3]。しかし、システムがユーザの興味を推定するために、例えば、擬人エージェントがこのような働きかけを繰り返すことは、ユーザにとっては鬱陶しさを感じるだけであり、さりげなく円滑なインタラクションは実現されないと考えられる。

相手の興味を探る行為としては、「共同注意」を対話の中でよく行う。これは「見る」対象が相手ではないが、相手が見ている対象を「見る」行為である。共同注意とは、他者の心を理解するプロセスの一つであり [4]、他者と関心を共有する事物へ注意を向けるように行動を調整することである。これに基づけば、システムが提示した情報へのユーザの注視行動にシステムによる「見る」行為を同調させることで、ユーザの注視行動に影響を与え、興味を顕在化させる可能性がある。例えば、ユーザが注視している対象を擬人エージェントが追従して注視すると、ユーザがその対象に興味を持っている場合は、共同注意を行うことに抵抗がなくそのまま注視を続け、興味を持っていない場合には注視を外す回避行動を取ることが考えられる。

共同注意には、自らの注意対象に他者を巻き込む始発的共同注意と他者の注意に追従する応答的共同注意があるとされている [5]。始発的共同注意は、ある対象へ注意を促すため、システムによる興味の誘導効果を含む可能性がある。本研究では、興味対象の推定を目的とし、推定と誘導の効果を切り分けるために、応答的共同注意による働きかけに基づく興味推定のためのインタラクション機能を設計する。システムによる応答的共同注意は、擬人エージェントを用いたユーザの注視行動の模倣 (Gaze Mirroring) によって実現することを考える。これは、擬人エージェントがユーザのアバタとして働くため、ユーザは自己との共同注意を行うことになる。共同注意を通じた他者理解は自己理解に置き換わる。つまり、潜在的な自己の興味に気づかせることができる可能性がある。

本稿では、システムが提示した情報に対するユーザの注視行動をアバタが模倣する Gaze Mirroring によって、ユーザの興味を振る舞いに引き出すことができ、興味対象の推定精度を向上させることができるかを検証する。そして、自己の興味への気づきを促進させることが可能かどうかについて議論を行う。

## 2. Gaze Mirroring

### 2.1 状況設定

Gaze Mirroring によって興味推定を行う状況として、情報システムが大画面ディスプレイに複数の類似した商品を提示し、ユーザがそれらを見比べて好みのものを選ぶという図 1 のような状況を想定する。複数の商品を目の前にして、その中から一つを選ぶという状況は日常的であり、選択基準が明確でなければ迷いを生じるため、システムによるサポートが効果的に働くものと考えられる。商品の詳細情報の提供や推薦が迷いの解消につながるが、興味を推定することができれば、気の利いたサポートが可能となる。本研究では、ユーザによる商品への注視行動から興味対象を推定することを試みる。なお、ユーザが商

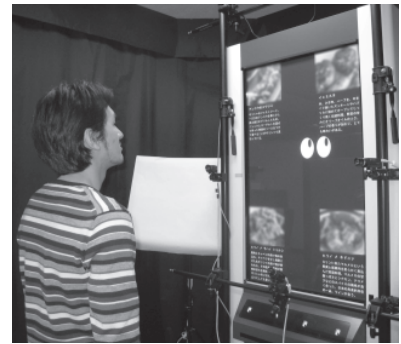


図 1 大画面情報提供システム (画面中央部に表示されている目玉が Gaze Mirroring を行う擬人エージェントで、その周りに同じカテゴリの 4 つの商品が表示される。写真はギリシャ料理)

Fig. 1 A prototype information service system with large display.

品に興味を持つ根拠は様々であるが、選好の度合いを興味の強さとして捉える。

### 2.2 注視と興味の関係

注視行動と興味の関係は心理学、生理学分野を中心に古くから研究されている [6]。興味がある対象の視覚的な情報を取得するためには、高解像度を持つ約 3 度範囲の中心視野をその対象に向けて注視しなければならない。このことを前提として、注視の滞留時間によって興味の対象や興味の強さを推定する手法が提案されてきた [7]。しかし、人間は対象に興味を持って見比べや評価を行う以前に、対象が持つ情報を視覚を通じて脳に入力し、その内容を理解するために注視する。つまり、注視の滞留時間に注目する場合、(1) 入力と理解の状態、(2) 興味が強く反映した注視行動が表れると考えられる評価を行う状態の切り分けが必要になる。そこで、我々は、これらの状態を分離するために情報の提示方法を時間的に制御し、ユーザの状態を誘導することによって評価状態における注視行動から興味対象を推定する手法を、Mind Probing のコンセプトに基づいて提案した [2]。この手法が興味推定の精度向上にある程度の効果を持つが、対象の理解が不十分のために長い時間見直すなど、興味が強く反映しない注視の表出を排除しきれないことを確認している。ゆえに、より効果的なユーザへの働きかけが必要とされる。

### 2.3 注視模倣による興味の顕在化

本研究では、ユーザが注視している対象に対してシステムによる応答的共同注意を生成することによって、ユーザの興味を注視行動に反映させるといったインタラクション機能を提案する。応答的共同注意は、擬人エージェントを用いたユーザの注視行動の模倣によって生成する。つまり、システムが提示した情報へのユーザの注視行動を擬人エージェントが模倣し、注視行動を同調させることによって、システムによる応答的共同注意を実現する。共同注意は、他者と関心を共有する事物へ注意を向けるように行動を調整することであるため、ユーザが注視している対象がユーザにとって興味がある対象の場合には、システムからの応答的共同注意に抵抗を感じず、そのまま注視を続け、興味がない対象の場合には、注視を外す回避行動を取る傾向が強くなると考える。これは、模倣が非模倣者の注意を引きつけ、両者をつなげる行為 [8] であることから推測される。これによ

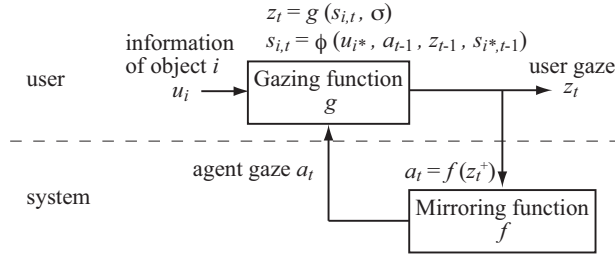


図2 Gaze Mirroringに基づくユーザの注視行動モデル  
Fig. 2 User's gazing model based on Gaze Mirroring.

り、注視時間や注視パターンに興味強く反映する可能性がある。

## 2.4 注視模倣に基づくユーザの注視行動モデル

前節での考察に基づき、図2のようにGaze Mirroringを介したインタラクションの中でのユーザの注視行動をモデル化した。時刻  $t$  におけるユーザによる注視の対象  $z_t$  と擬人エージェントによる注視の対象  $a_t$  はシステムが提示する対象の固有番号  $i$  を値として持つ。  $s_{i,t}$  は対象  $i$  に対する興味の強さで、値が正であるほど強くなり、負であるほど弱いことを示し、対象全て ( $i^*$ ) の情報  $u_{i^*}$  と一時刻前  $t-1$  の  $z_{t-1}, a_{t-1}, s_{i^*,t-1}$  から現時刻  $t$  における強さが興味関数  $\phi$  によって決まる。ユーザによる注視の対象  $z_t$  は、  $s_{i,t}$  と一時的な興味に基づく注視を制御する分散  $\sigma$  から注視関数  $g$  によって決まる。擬人エージェントによる注視は以下の模倣関数  $f$  によって制御される。

$$a_t = f(z_t^+) \quad (1)$$

$$z_t^+ = \{z_0, z_1, \dots, z_t\} \quad (2)$$

ここでは、模倣関数を同調かつ同期の関数  $f_1$  として定義する。

$$f_1(z_t^+) = z_t \quad (3)$$

また、興味関数  $\phi$  の振る舞いを以下のように想定する。

$$s_{p,t} = \phi(u_{i^*}, a_{t-1}, z_{t-1}, s_{i^*,t-1}) = \begin{cases} s_{p,t-1} + e(u_{i^*}) & (s_{p,t-1} > T, z_{t-1} = a_{t-1} = p) \\ s_{p,t-1} - e(u_{i^*}) & (s_{p,t-1} < -T, z_{t-1} = a_{t-1} = p) \end{cases} \quad (4)$$

つまり、興味の強さは、閾値  $T$  の条件を満たした場合に単位時間あたり  $e(u_{i^*})$  変化するものとする。  $e(u_{i^*})$  は対象の数や対象間の関係がユーザの興味に与える影響を表す。ここでは、簡単化のために  $\delta$  であるとする。式(4)の条件式に当てはまらない場合の  $s_{p,t}$  の変化は不定とする。興味の強さは注視模倣の影響を受けずに自律的にも変動するが、このモデルの影響を受けて、興味がある対象ほど注視時間が長くなると考える。

## 2.5 注視模倣による自己の興味への気づき

式(3)の模倣関数によるGaze Mirroringでは、擬人エージェントがユーザと同調かつ同期して行動するアバタとしてみなされる。ゆえに、ユーザは自己との共同注意を行うことになる。共同注意は他者の心を理解するプロセスの一つであるため、自己との共同注意は、自己認識していない自分の一面の理解を手助けする。つまり、Gaze Mirroringによって潜在的な自己の興味に気づかせることができる可能性がある。

## 3. Gaze Mirroringによる興味推定実験

Gaze Mirroringによってユーザの興味が明確に反映した振る舞いを表出させることができ、Gaze Mirroringを行わない場合や他の模倣関数を導入する場合より興味対象の推定精度を向上させることができるかを被験者実験を通じて検証する。

### 3.1 システム構成

Gaze Mirroringを行う情報提供システムのプロトタイプを構築した。図1に示すように、大画面ディスプレイをインタフェースとしてユーザとシステムがインタラクションを行う。ユーザとディスプレイ間の距離は1mと設定した。このシステムはユーザの視線方向を計測する視線計測モジュールと、情報表示と擬人エージェントの注視行動の制御を行う情報提供モジュールから構成される。

視線計測モジュールには、我々が従来提案した顔画像認識に基づく視線推定手法[9]を実装した。ディスプレイ下部に設置したカメラ<sup>(注1)</sup>でユーザの顔画像を撮影し、顔検出、顔特徴点抽出、虹彩検出、顔の3次元位置・方向推定を経て、虹彩中心と眼球回転中心の3次元位置を結ぶ線を視線とし、ディスプレイと視線が交わる位置から注視位置を推定する。注視位置の推定精度は約5度(ディスプレイ上で約9cm)で約20fpsでのリアルタイム処理が可能である<sup>(注2)</sup>。

情報提供モジュールは、大画面情報提示システムFUJITSU製UBWALL(情報表示領域は高さ1106mm、幅622mm、画面中心位置は床から高さ1462mm)の画面を上下・左右に4分割した領域に4つの商品の情報(それぞれ1枚の写真と100文字程度の説明文)を表示し、視線計測モジュールで推定されたユーザの注視位置に基づいて擬人エージェントの表示を制御する。擬人エージェントの様相は、商品への注視だけを表現するために目玉だけを持つシンプルなデザインとした。共同注意は指差しなどの非言語的な振る舞いによっても表現できるが、視線がユーザにとって最も直感的に共同注意を感じ取れる振る舞いであることも考慮した。なお、注視位置の推定がディスプレイ上で約9cmの誤差を持つため、各商品情報の表示領域の間に18cm以上の境界領域を設け、注視している商品の推定ミスを低減させた。ディスプレイ中央部にできる境界領域には擬人エージェントを表示し、商品情報の表示領域への接近移動を表現することによって共同注意を実現する。擬人エージェントの目玉を移動させずに黒目だけを移動させることによって視線変化を表現することができるが、視覚的に変化が小さくユーザが共同注意に気づかない可能性があるため、このようなデザインにした。図3に擬人エージェントが商品情報を注視している様子の一例を示す。

### 3.2 ユーザとシステムのインタラクションシナリオ

興味推定のためのユーザとシステムのインタラクションシナリオについて述べる。2.2節で述べたように、ユーザが情報を入力する状態と評価する状態を分離することが興味の推定に効

(注1): Point Grey Research 製 Grasshopper, UXGA, 30fps, 8bit 濃淡。  
(注2): Intel Core2Duo 2.41GHz, 2GB memory を搭載した PC を使用。



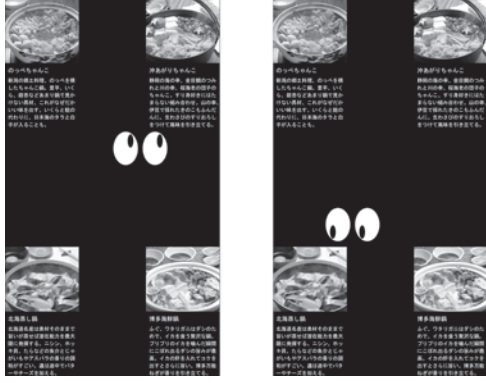


図3 商品情報への擬人エージェントによる注視の一例（この商品情報は（株）ミツカンのホームページに掲載されている情報を利用）  
Fig. 3 Examples of contents and gazing to them by agent.

果的に働くことを我々は従来から示している。本研究においても、ユーザを情報の入力状態に誘導する「順次提示モード」と、評価状態に誘導する「一覧提示モード」の2つの情報提示モードの時間制御を導入する。システムはまず、4つの商品の情報を順次切り替えて排他的に表示する順次提示モードを起動する。情報を表示する順番は、左上（商品番号  $i = 1$ ）、右上（ $i = 2$ ）、左下（ $i = 3$ ）、右下（ $i = 4$ ）とし、1つの商品情報を表示している間は他の商品情報を表示しない。また、順次提示モードでは Gaze Mirroring を適用せず、擬人エージェントも表示しない。各商品情報を表示する時間は15秒とした。これは数名の被験者に事前実験を行って、情報入力に必要な時間として設定した。次に、全ての商品情報を同時に再表示する一覧提示モードへと移行する。このモードにおいてユーザは情報の評価を行うものと想定し、Gaze Mirroring を適用する。

### 3.3 比較システム

式(3)の模倣関数に基づく Gaze Mirroring によって、ユーザの興味が明確に反映した振る舞いを表出させることができ、興味対象の推定精度を向上させることができるかを検証するために、Gaze Mirroring を行わないシステムと他の模倣関数を導入するシステムの実験を合わせて行う。Gaze Mirroring を行わないシステムは、ディスプレイ中央部に擬人エージェントを表示するだけで情報への注視行動を行わない。他の模倣関数を導入するシステムの実験については、2つの模倣関数を用意した。1つは、ユーザによる注視の対象に対して対角側に表示されている対象を同期して注視するという非同調な振る舞いを起こすもので、模倣関数は次のように表される。

$$f_2(z_t^+) = 5 - z_t \quad (5)$$

もう1つは、ユーザによる注視の累積時間が現時刻  $t$  において最大である対象を注視するものである。

$$f_3(z_t^+) = \arg \max_i r_i(z_t^+),$$

$$r_i(z_t^+) = \sum_{j \in R_i(z_t^+)} 1, R_i(z_t^+) = \{j | 0 \leq j \leq t, z_j = i\} \quad (6)$$

これは、ユーザによる注視に対して擬人エージェントは同調的にも非同調的にも注視を行うことができ、ユーザと擬人エー

ジェントの注視の切り替えは基本的には非同調となる。この2つの模倣関数の振る舞いの特徴は、ユーザと擬人エージェントによる注視の対象の不一致であり、ユーザによる注視行動に対する否定的な印象表現やユーザの興味の誘導といった効果が考えられる。これをふまえると、興味関数  $\phi$  は式(4)に加え、以下のものを想定できる。

$$s_{p,t} = \phi(u_i^*, a_{t-1}, z_{t-1}, s_{i^*, t-1})$$

$$= \begin{cases} s_{p,t-1} + e(u_i^*) & (s_{p,t-1} > T, s_{q,t-1} < -T, \\ & z_{t-1} = p, a_{t-1} = q), \\ s_{p,t-1} + e(u_i^*) & (s_{q,t-1} < T, z_{t-1} = q, a_{t-1} = p) \end{cases} \quad (7)$$

これらの比較システムにおいては、ユーザの注視が分散し、式(3)の模倣関数に基づく Gaze Mirroring ほど興味のある商品への注視時間が長くなると考える。

### 3.4 実験デザイン

Gaze Mirroring を行わないシステムを A、式(3)、式(6)、式(5)の模倣関数に基づいて Gaze Mirroring を行うシステムをそれぞれ B、C、D とする。被験者1人に対して、A、B、C、Dの順にそれぞれ4つのタスクの実験を行った。タスクは同じカテゴリの4つの料理から好みのものを1つ選ぶというものとした。全てのシステムで4つのカテゴリ（外国料理、ラーメン、鍋料理、ランチ）を用意し、一般的に珍しい料理の情報を提示した。各タスクには、制限時間を3分30秒（順次提示モード1分、一覧提示モード2分30秒）として設けた。被験者には一覧提示モードの間に選択した料理を宣言してもらった。なお、被験者にはシステム毎に擬人エージェントの行動が変化するとだけ教示し、模倣方略については言及しなかった。この実験を20歳代5名（男4名、女1名）に行った。計測した被験者の注視対象の時系列データと選択した料理の結果から、Gaze Mirroring が注視行動に及ぼす影響について分析を行う。

### 3.5 実験結果

2.4節で設計したモデルに基づき、Gaze Mirroring がユーザの注視時間に影響を及ぼすものと考えている。そこで、注視時間に注目した分析を行う。

#### a) 興味の推定

まず、表1に、興味の推定精度として、被験者による注視の累積時間が最も長かった料理を被験者が選択した割合を示す。この表より、同調かつ同期の Gaze Mirroring を行うシステム B に対する推定精度が85%と最も高く、かつ5人の被験者の推定精度の分散が小さいことが分かる。また、システム C とシステム D は推定精度の分散が大きいことが確認できる。累積注視時間が最大のものを注視模倣するシステム C に関しては、実験後の主観評価において、被験者1から3は擬人エージェントの模倣方略を自己の注視量、被験者4と5は自己の注視に対するタイミング遅延と答えており、擬人エージェントの行動パターンの捉え方が被験者の注視行動に差異をもたらした可能性がある。一方、非同調かつ同期の Gaze Mirroring を行うシステム D に関しては、被験者2と3に対して興味を誘導する効果が表れたと考えられる。

### b) 注視行動の時間変化の分析

注視行動の時間変化にも Gaze Mirroring の効果が表れた。その典型例として、図 4 と図 5 に各システムにおける被験者 2 の注視対象の時間変化を示す。システム B においては、図 5(a) のようにタスクの中盤から、最も興味を持つ対象への注視時間とそれ以外への注視時間に明確な差が表れる傾向があった。この傾向により、システムは早い時点でユーザの興味を推定することができると言える。また、システム D においては、図 5(c) のように、被験者が最も興味を持つ対象（料理 1）の対角側に表示されている対象（料理 4）への注視時間が長くなる傾向があった。つまり、これは上述の誘導の効果を裏付ける。

### c) 興味の顕在化に関わる分析

次に、興味の顕在化の度合いに関わるパラメータを表 2 に示す。このパラメータは、被験者が選ばなかった 3 つの対象の累積注視時間の最大値に対する選んだ対象の累積注視時間の割合を求めたものであり、大きいほど興味が注視時間に明確に反映したことを示すと考えられる。ゆえに、この表から、システム B において全ての被験者で注視行動への興味の顕在化が促進されたことが確認できる。また、最も興味を持った対象及び、それ以外の対象への一度の注視が持続する時間の分布を図 6 に示す。図中の頻度は、1000 ミリ秒単位での注視持続時間に対するもので、全被験者の全頻度数で正規化している。Gaze Mirroring を行うシステム (B, C, D) において、最も興味がある対象への 4000 ミリ秒程度の中期間的な注視と 10000 ミリ秒以上の長期間的な注視が増える傾向にあった。この結果は、Gaze Mirroring によって注視行動のダイナミクスに興味が強くなる可能性を示唆し、これを考慮することで興味の推定精度を向上させることができると考えられる。

### d) 主観評価

各被験者には実験の終了後に、各システムの擬人エージェントの行動に対する主観評価を求めた。システム B に対しては、好感が持てた、システム C に対しては、興味があるものを見透かされていた、擬人エージェントが見ているものが気になった、システム D に対しては、対角側が気になった、少々不快だったなどの評価を得た。なお、システム A に対しては、特記すべき評価が得られなかった。ゆえに、主観的にも、同調かつ同期の Gaze Mirroring が効果的に働いたと考えられる。

これらの結果をまとめると、

- 同調かつ同期の Gaze Mirroring によって、ユーザの注視時間が興味を持つ対象ほど長くなる
- 非同調かつ同期の Gaze Mirroring がユーザの興味を誘導する
- Gaze Mirroring がユーザの注視行動のダイナミクスを変化させる

ことが明らかになった。ただし、これらの結果は被験者の迷いの度合いが影響しているため、さらに実験サンプルを増やして検証する必要がある。

## 4. 自己の興味への気づきについての考察

被験者実験の分析結果から、Gaze Mirroring がユーザの注

表 1 被験者が最も興味を持った対象の推定精度

Table 1 Estimation accuracy of an object which each subject was most interested in.

subject	system A	system B	system C	system D
1	25%	100%	100%	-
2	50%	100%	100%	25%
3	50%	75%	75%	25%
4	25%	75%	25%	75%
5	25%	75%	0%	75%
ave.	35%	85%	60%	50%

表 2 被験者が選ばなかった対象の累積注視時間の最大値に対する選んだ対象の累積注視時間の割合 (4 タスクの平均、括弧内は分散)

Table 2 Ratio of cumulative gaze duration of the selected object to the longest one of the other objects.

subject	system A	system B	system C	system D
1	0.79 (0.47)	1.18 (0.03)	1.22 (0.02)	-
2	2.40 (4.94)	1.74 (0.23)	1.49 (0.48)	0.92 (0.12)
3	0.98 (0.26)	1.29 (0.07)	1.28 (0.09)	0.90 (0.04)
4	0.98 (0.31)	1.25 (0.43)	1.28 (1.31)	1.08 (0.04)
5	0.84 (0.08)	1.17 (0.54)	0.79 (0.01)	1.22 (0.32)

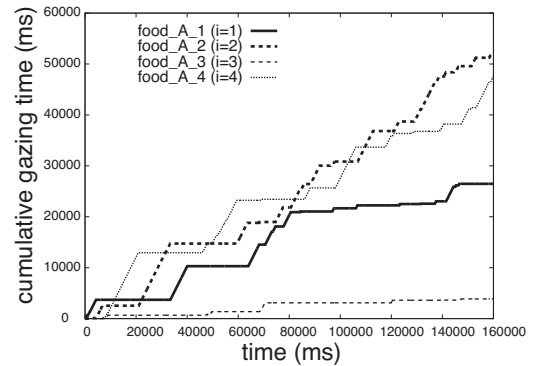


図 4 被験者 2 によるシステム A (Gaze Mirroring なし) における注視行動の一例 (料理 4 を選択、縦軸は注視の累積時間、一覧提示モードのみ図示)

Fig. 4 An example of gaze behavior by subject 2 for system A.

視行動に影響を与え、同調かつ同期の模倣関数を適用することによって、ユーザに興味を明確に反映した注視行動を表出させられることを示した。Gaze Mirroring の効果としては、ユーザの興味の注視行動への顕在化だけではなく、ユーザに自己の潜在的な興味への気づきを与えることも考えている。被験者の主観評価からは、自己の興味に意識的に気づいたという人は見られなかった。また、タスクの達成時間に自己の興味への気づきが促進されたという傾向は表れなかった。それでも、従来研究において、ユーザの視線の可視化や動作の模倣によって、行動や興味への気づきの促進が実現されている [10], [11] ことをふまえると、Gaze Mirroring によって注視行動が変化していることから、ユーザは無意識的に自己の興味に気づいている可能性がある。また、脳の神経系レベルでは、他者理解及び自己理解に関与するとされているミラーニューロン [12] の活動を活性化している可能性がある。今後、自己の興味への気づきについて評価するための実験デザインを検討する必要がある。

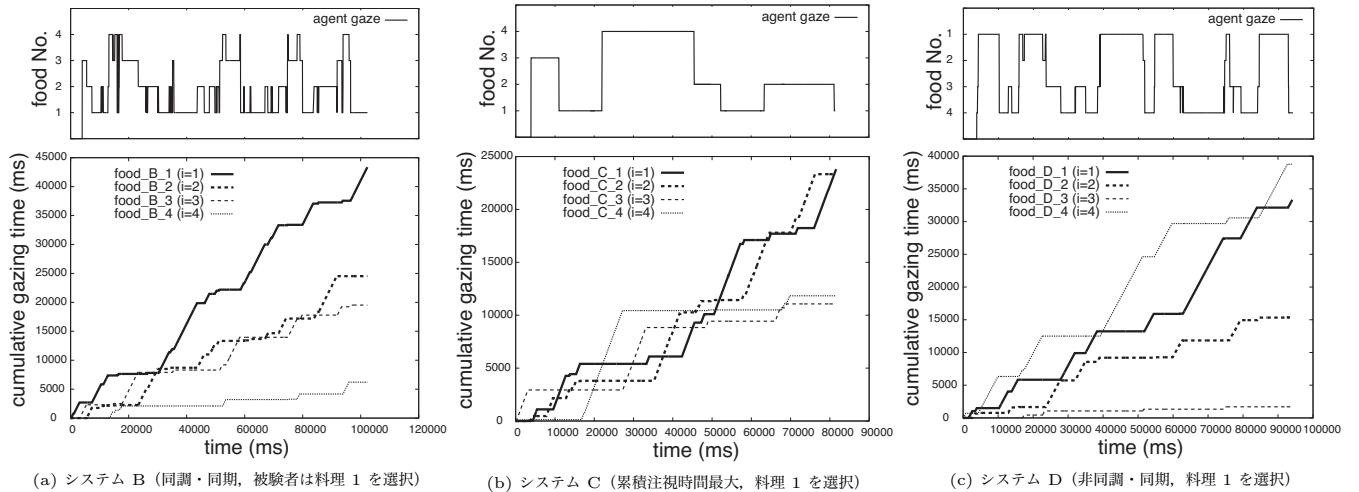


図 5 被験者 2 によるシステム B, C, D における注視行動の一例 (一覧提示モードのみ図示, 上段は擬人エージェントによる注視行動)

Fig. 5 An example of gaze behavior by subject 2 for system B, C, and D.

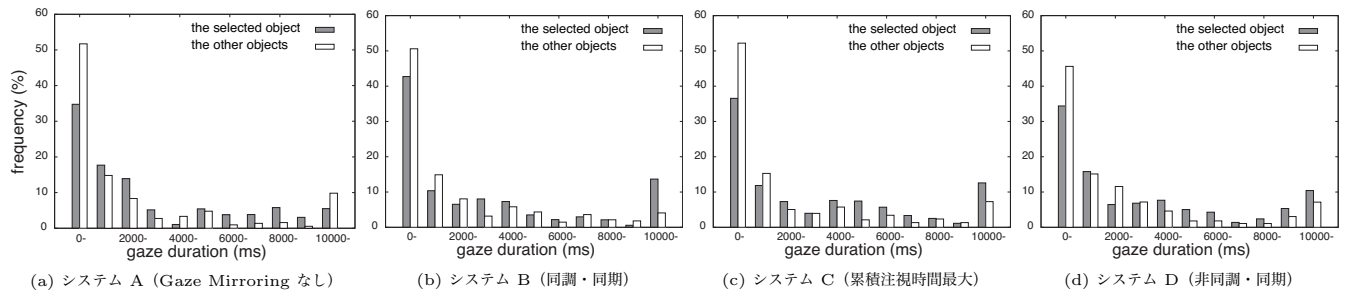


図 6 各商品情報に対する注視持続時間の頻度

Fig. 6 Frequency of gaze duration for each object information.

## 5. おわりに

本研究では、擬人エージェントを用いてユーザの「見る」行動を模倣し、システムがユーザに共同注意を働きかけることによって、興味を明確に反映した注視行動を表出させる Gaze Mirroring という機能を設計した。そして、システムによる注視をユーザによる注視と同調かつ同期させることによって、ユーザが興味を持つ対象ほど注視時間が長くなる傾向を確認した。提案したモデルは、単純単調な注視模倣を行うため、擬人エージェントによる注視切り換えが過剰に目につくなど、ユーザに不快感を与えている可能性がある。今後は、擬人エージェントの注視タイミングをユーザの状態に合わせて制御することなどを検討し、より自然なインタラクション機能を備えるコンシェルジュシステムの実現を目指す。

## 謝 辞

本研究の一部は、科学研究費補助金 18049046 の補助を受けて行った。

## 文 献

[1] 河原達也, 川嶋宏彰, 平山高嗣, 松山隆司, 対話を通じてユーザの意図・興味を探り情報検索・提示する情報コンシェルジュ, 情報処理, Vol.49, No.8, pp.912-918, 2008.  
 [2] 水口充, 浅野哲, 佐竹純二, 小林亮博, 平山高嗣, 川嶋宏彰, 小嶋秀樹, 松山隆司, Mind Probing: システムの積極的な働きかけによる視線パターンからの興味推定, 情報処理学会研究報告 2007-HCI-125, Vol.2007, No.99, pp.1-8, 2007.

[3] 平山高嗣, 大西哲朗, 朴恵宣, 松山隆司, 対話における顔向けを伴う働きかけが同意・不同意応答のタイミングに及ぼす影響, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.10, No.4, pp.385-394, 2008.  
 [4] Emery, N. J., The Eyes Have It: The Neuroethology, Function, and Evolution of Social Gaze, Neuroscience and Biobehavioral Reviews, Vol.24, pp.581-604, 2000.  
 [5] Mundy, P., Fox, N., and Card, J., EEG Coherence, Joint Attention and Language Development in the Second Year, Development Science, Vol.6, No.1, pp.48-54, 2003.  
 [6] 池田光男, 眼は何を見ているか, 平凡社, 1988.  
 [7] 脇山孝貴, 吉高淳夫, 平嶋宗, 注視を利用した協調フィルタリングによる興味のある情報の推薦, 13th Workshop on Interactive Systems and Software (WISS2005), 2005.  
 [8] Nadel, J., Guerini, C., Peze, A., and Rivet, C., The Evolving Nature of Imitation as a Form for Communication, Imitation in Infancy, Univ. Press, Cambridge, pp.209-234, 1999.  
 [9] 佐竹純二, 小林亮博, 川嶋宏彰, 平山高嗣, 水口充, 小嶋秀樹, 松山隆司, インタラクティブな情報提示システムのための非装着・非拘束な視線推定, 情報処理学会研究報告 2007-HCI-125, Vol.2007, No.99, pp.9-16, 2007.  
 [10] 藤本武司, 砂山渡, 山口智浩, 谷内田正彦, 視線行動の可視化による着眼スキル伝達支援, 人工知能学会論文誌, Vol.19, No.3, pp.174-183, 2004.  
 [11] Sejima, Y., Watanabe, T., and Yamamoto, M., Analysis by Synthesis of Embodied Communication via VirtualActor with a Nodding Response Model, Proceedings of Second International Symposium on Universal Communication (ISUC2008), pp.225-230, 2008.  
 [12] Rizzolatti, G. and Craighero, L., The Mirror-neuron System, Annual Review of Neuroscience, Vol.27, pp.169-192, 2004.